

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-212694

(P2000-212694A)

(43) 公開日 平成12年8月2日(2000.8.2)

| (51) Int.Cl. | 識別記号 | F I | テマコード(参考) |
|---------------|-------|---------------|-------------------|
| C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 | C 2 2 C 38/00 | 3 0 1 Z 4 K 0 3 2 |
| B 2 1 C 37/08 | | B 2 1 C 37/08 | F |
| C 2 1 D 8/10 | | C 2 1 D 8/10 | A |
| C 2 2 C 38/58 | | C 2 2 C 38/58 | |

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-12021

(22) 出願日 平成11年1月20日(1999.1.20)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 坂本 真也

君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君
津製鐵所内

(72) 発明者 寺田 好男

君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君
津製鐵所内

(74) 代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工性に優れた電縫鋼管とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 加工性に優れた電縫鋼管とその製造方法を提供する。

【解決手段】 重量%で、C:0.08以下、Si:0.005~0.5、Mn:0.05~2.0、S:0.03以下、P:0.01~0.2、Al:0.01~0.10、N:0.0050以下に、さらにCr、Ni、Cu、Mo、V、Ti、Nb、B、Caのうち一種または二種以上含有し、残部が鉄および不可避不純物からなりフェライト単相の集合組織を有することを特徴とし、次式に示すA値が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さ差がHV50以下であることを特徴とする加工性の優れた電縫鋼管である。

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C₀、C:試験前後の鋼管の外周(mm)

L₀、L:試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、

C : 0.08以下 Si : 0.005~0.5
 Mn : 0.05~2.0 S : 0.03以下
 P : 0.01~0.2 Al : 0.01~0.10
 N : 0.0050以下に、さらにCr : 0.05~1.0、Ni : 0.1~2.0、Cu : 0.1~2.0、Mo : 0.05~1.0、V : 0.03~0.2、Ti : 0.03~0.2、Nb : 0.03~0.2、B : 0.001以下、Ca : 0.0002~0.0020のうち一種または二種以上含有し、残部が鉄および不可避不純物からなりフェライト単相の集合組織を有する鋼を用い、次式に示すA値が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さ差がHv50以下であることを特徴とする加工性の優れた電縫鋼管。

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C₀、C : 試験前後の鋼管の外周(mm)

L₀、L : 試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

【請求項2】 重量%で、

C : 0.08以下 Si : 0.005~0.5
 Mn : 0.05~2.0 S : 0.03以下
 P : 0.01~0.2 Al : 0.01~0.10
 N : 0.0050以下に、さらにCr : 0.05~1.0、Ni : 0.1~2.0、Cu : 0.1~2.0、Mo : 0.05~1.0、V : 0.03~0.2、Ti : 0.03~0.2、Nb : 0.03~0.2、B : 0.001以下、Ca : 0.0002~0.0020のうち一種または二種以上含有し、残部が鉄および不可避不純物からなる鋼を熱延するに際して、(A_r-150)~(A_r+150)℃で圧延を終了し、500~800℃で捲取り、続いて、65~85%の圧下率で冷間圧延を行った後、650~900℃の焼鈍温度で連続焼鈍を行った鋼板を高周波により電縫溶接し造管する加工性に優れた電縫鋼管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は優れた加工性が要求される自動車用、機械構造用電縫鋼管に関し、特定の成分からなる鋼と、特定の熱延、冷延、焼鈍条件および優れた特性を有する加工性に優れた電縫鋼管の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ハイドロフォーム技術は複雑形状部品の一体化と高精度化が可能なことから、自動車の軽量化およびコストダウンが可能な新車体構造実現の技術として期待されている。このような背景のもと電縫鋼管を素材とし、ハイドロフォームにより成形した足廻り部品およびボディー部品の適用が増加しつつある。ハイドロフォームは軸力+内圧を高精度に制御することにより複雑形

状部品の一体化と高精度化が可能な技術である。このようなハイドロフォームの加工性を向上させるためにはr値を高くすることも有効であると考えられる。従来r値を向上させた鋼種として、極低C鋼にCとNとを十分に固着し得るに足るTi及びNbを添加したIF(Interstitial Free)鋼が知られている。製造方法としては、熱間圧延、冷間圧延および連続焼鈍を行って、r値に有効な結晶集合組織を形成させるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ハイドロフォームの加工性を向上させるためにはr値を高くし、さらに電縫溶接部と母材部の均一化が重要である。本発明は加工性に優れた電縫鋼管とその製造方法を提供するものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】即ち、本発明の要旨とするところは、重量%で、

C : 0.08以下 Si : 0.005~0.5

Mn : 0.05~2.0 S : 0.03以下

P : 0.01~0.2 Al : 0.01~0.10

N : 0.0050以下に、さらにCr : 0.05~1.0、Ni : 0.1~2.0、Cu : 0.1~2.0、Mo : 0.05~1.0、V : 0.03~0.2、Ti : 0.03~0.2、Nb : 0.03~0.2、B : 0.001以下、Ca : 0.0002~0.0020のうち一種または二種以上含有し、残部が鉄および不可避不純物からなりフェライト単相の集合組織を有することを特徴とし、次式に示すA値が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さ差がHv50以下であることを特徴とする加工性の優れた電縫鋼管である。

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C₀、C : 試験前後の鋼管の外周(mm)

L₀、L : 試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

また、これらの電縫鋼管を製造する方法としては鋼を熱延するに際して、(A_r-150)~(A_r+150)℃で圧延を終了し、500~800℃で捲取り、続いて、65~85%の圧下率で冷間圧延を行った後、650~900℃の焼鈍温度で連続焼鈍を行った鋼板を高周波により電縫溶接することである。

【0005】

【発明の実施の形態】本発明の特徴はフェライト単相の集合組織を有することを特徴とし、さらに次式に示すA値

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C₀、C : 試験前後の鋼管の外周(mm)

L₀、L : 試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さの差がHv50以下であることを特徴とする加工性に優れた電縫鋼管であり、これらの電縫鋼管を製造する方法としては

鋼を熱延するに際して、 $(A_{r,1}-150) \sim (A_{r,1}+150)^\circ\text{C}$ で圧延を終了し、 $500 \sim 800^\circ\text{C}$ で捲取り、続いて、 $65 \sim 85\%$ の圧下率で冷間圧延を行った後、 $650 \sim 900^\circ\text{C}$ の焼鈍温度で連続焼鈍を行った鋼板を高周波により電縫溶接することを特徴とする加工性に優れた電縫鋼管とその製造方法である。

【0006】以下に本発明の加工性に優れた電縫鋼管とその製造方法について詳細に説明する。はじめに鋼の化学成分の限定理由について説明する。

【0007】Cは高い r 値と高い延性の確保、さらに電縫溶接部の硬さを低くするため極力低減させることが必要である。Cが 0.08% を超えると r 値および延性が低下し、造管まで電縫溶接部と母材部の硬さの差がHv50を越えることからCの上限を 0.08% とした。

【0008】Siは鋼板の強度を上げる元素としてその必要強度レベルに応じて添加するが 0.5% を超えると熱延時に発生するスケールによって鋼板の表面に凹凸が発生しやすくなるのでSiの上限を 0.5% とした。Siの下限は不純物として含まれる程度でもよく 0.005% とした。

【0009】Mnは鋼板の強度を上げる元素としてその必要強度レベルに応じて添加するが r 値や延性を高めるためには低いほうが好ましい。このことから、Mnの上限を 2.0% とした。Mnの下限はS脆化防止のため 0.05% とするのが望ましい。

【0010】Sは粒界を脆化させるためTiあるいはMnによってサルファイドとして固定する必要があるが、Sが多すぎると固定に要するTiあるいはMnが多くなり製造コストを上昇させるため上限を 0.03% とした。Sが必須成分ではないので下限は設けない。

【0011】Pは鋼板の強度を上げる元素としてその必要強度レベルに応じて添加する。よって、Pの下限は強度確保のため 0.01% とした。Pの添加量が多過ぎると鋼板の延性を著しく劣化させる。また、Pは鋼を脆化させ、加工後の粒界破壊を発生させる可能性があるので上限を 0.2% とした。

【0012】Alは非時効化には必要な元素であるが、 0.01% 未満ではその効果が期待できない。しかし、多量に含まれるとアルミナ系介在物が増し加工性が劣化する。したがって、Alの上限を 0.10% とした。

【0013】Nは侵入型固溶元素であり、多すぎると時効による延性の低下の原因となる。NはAlおよびTiによりAlNおよびTiNとして固定されるが、Nが多すぎると粗大なAlNおよびTiNが多量に生成し、鋼板の延性を劣化させるためにできるだけ少ない方が好ましく 0.0050 以下とする。さらに向上を図るためには 0.0030% 以下がより望ましい。

【0014】Crは母材および電縫溶接部の強度を増加させる効果があり、この効果を発揮させるためには 0.05% 以上の添加が必要である。しかし、Crは高価で

あると同時に多量の添加は r 値の劣化さらには延性の劣化をもたらすためその上限を 1.0% とした。

【0015】Niを添加する目的は低温靱性や溶接性を劣化させることなしに本発明鋼の強度を向上させるためである。Ni添加はMnやCr、Mo添加に比較して圧延組織中に低温靱性に有害な硬化組織を形成することが少なく、強度を増加させる。この効果を発揮させるためには 0.1% 以上必要である。しかし、添加量が多すぎると経済性を劣化させるものでその上限を 2.0% とした。

【0016】CuはNiとはほぼ同様な効果を持つ。この効果を発揮させるためには 0.1% 以上の添加が必要である。しかし、添加量が多すぎると経済性を劣化させるものでその上限を 2.0% とした。

【0017】Moは母材および電縫溶接部の強度を増加させる効果がある。この効果を発揮させるためには 0.05% 以上添加が必要である。しかし、過剰なMo添加は延性の劣化さらには溶接性を劣化させるのでその上限を 1.0% とした。

【0018】Vは細粒化および炭窒化物の析出による強化の著しい元素であり強度を高めるには必要な元素である。これらの効果が現れる量として $0.03 \sim 0.2\%$ に限定した。

【0019】TiはNをTiNの形で固定し固溶Nの悪影響を避け、また大部分のCもTiCの形で固定し、さらに固溶Tiは鋼板の再結晶に影響してこれを細粒化することを補助的に助けることから、その下限を 0.03% とした。一方、Tiが 0.2% を超えると不純物の悪影響が出て加工性が劣化することからその上限を 0.2% とした。

【0020】NbはTiと同様にNおよびCを固定して r 値を高めるのに必要である。本発明においてはNbを 0.03% 添加することが必要である。しかし、過多に添加すると再結晶温度を高くするので上限を 0.2% とした。

【0021】Bは二次加工性を向上させるため必須の元素である。しかし、多量に含有すると硬化し、加工性が損なわれるので 0.001% 以下とした。

【0022】Caを添加することは、介在物の形態を調整し、冷間加工性を向上するのに有効である。Caは多すぎると鋼中の介在物が増し逆に冷間加工性を劣化させることからCaは $0.0002 \sim 0.0020\%$ とした。

【0023】次に電縫鋼管の組織をフェライト単相の集合組織とする理由について説明する。ハイドロフォーム加工のような厳しい加工は高延性な材料が要求される。マルテンサイト、パーライト、ベイナイトのような組織が複合されると、強度は高くなるが延性が低下する。よって電縫鋼管の組織をフェライト単相とし、さらに r 値を高くするために集合組織を生成させる。

10

20

30

40

50

【0024】次に鋼板の熱延条件の限定理由について説明する。圧延終了温度は $(A_{r3}-150) \sim (A_{r3}+150)$ ℃とする。熱延においては後工程の冷延と連続焼鈍にて高 r 値の集合組織を得るために、熱延板は粒径の細粒化が必要である。このため、熱延での圧延終了温度は A_{r3} 点以上で行う必要があり、特に A_{r3} 点直上が好ましい。しかし、フェライト+オーステナイトの二相域であってもオーステナイトの微細粒が多いときは必ずしも A_{r3} 点直上温度でなくてもよい。このような理由から圧延終了温度を $(A_{r3}-150) \sim (A_{r3}+150)$ ℃の範囲の温度とする。圧延終了後の捲取温度は鋼中の固溶Cや固溶Nを炭化物、窒化物等の析出物として除去するための重要な因子であって、これら炭化物および窒化物は500～800℃の温度範囲で析出する。このような理由から捲取温度を500～800℃の範囲の温度とする。

【0025】次に、冷延においてその後の連続焼鈍にて集合組織を形成させるために、圧下率は65～85%の範囲とする。本発明においてはこの冷間圧延の後、650～900℃の範囲の温度のフェライト域で再結晶させることによって集合組織を形成させる。このようなことから、焼鈍温度は再結晶温度以上にする必要がある。一方、焼鈍温度が高すぎると焼鈍で組織が異常粒成長してしまい、目標の強度を有する鋼板を得ることができない。このようなことから、焼鈍温度を900℃以下とする。

【0026】本発明において、次式に示すA値

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C_0 、 C ：試験前後の鋼管の外周(mm)

L_0 、 L ：試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さの差がH

v50以下とする理由について説明する。ハイドロフォーム加工において、コーナーRでの減肉を低減するためには高い r 値を有する電縫鋼管が効果的である。コーナーRでの減肉量を小さくするためには鋼管のA値を高くすることが効果的で、A値を1.0以上にするとコーナーRでの減肉が低減できる。さらに加工性を向上させるためには電縫溶接部と母材部の均一化が重要である。硬さが高いところでは延性が低下し、加工性が劣化する。よって、ハイドロフォームの加工性を向上させるためには電縫溶接部と母材部の硬さの差をHv50以下にすることが必要である。造管ままの電縫溶接部の最高硬さはC量と良い相関があり、C量の増加と共に電縫溶接部の最高硬さは高くなる。本発明の鋼を電縫鋼管に造管したとき、造管ままの電縫溶接部の硬さと母材部の硬さの差はHv50以下にすることができる。電縫溶接部と母材部が均一なことから、ハイドロフォームのような厳しい加工にも十分耐える電縫鋼管が得られる。本発明のように特定の成分系と熱延、冷延、連続焼鈍条件で得られた鋼板を電縫鋼管として造管することにより高度で複雑な成形にも十分耐える加工性に優れた電縫鋼管が得られる。

【0027】

【実施例】第1表に鋼板の化学成分を示す。

【0028】第2表に熱延、冷延、連続焼鈍条件を示す。

【0029】第3表に本発明により製造された電縫鋼管および比較で製造された電縫鋼管の特性を示す。第3表から明らかなように、本発明により製造された電縫鋼管は、A値が1.0以上でかつ電縫溶接部と母材部の硬さの差がHv50以下となっている。

【0030】

【表1】

[0031]
[表2]

第1表 鋼板の化学成分と変態点温度

| Steel | (mass%, #ppm) | | | | | | | | | | | | | | 変態点 温度 (℃) |
|-------|---------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------------------|
| | C | Si | Mn | S | P | Al | Cr | Ni | Cu | Mo | V | Ti | Nb | B* N* Ca* | |
| A | 0.002 | 0.007 | 0.72 | 0.009 | 0.065 | 0.040 | - | - | - | - | - | 0.06 | - | 2 20 | 825 |
| B | 0.002 | 0.008 | 0.91 | 0.008 | 0.080 | 0.030 | - | - | - | - | - | 0.06 | - | 2 18 | 814 |
| C | 0.050 | 0.010 | 1.50 | 0.008 | 0.073 | 0.033 | - | - | - | 0.50 | - | - | 0.06 | - 30 20 | 760 |
| D | 0.002 | 0.009 | 0.82 | 0.009 | 0.060 | 0.031 | - | - | 0.20 | - | 0.10 | - | - | - 20 25 | 831 |
| E | 0.040 | 0.010 | 1.20 | 0.008 | 0.050 | 0.030 | 0.50 | 0.30 | - | - | - | - | - | - 28 | 767 |
| F | 0.100 | 0.009 | 1.00 | 0.009 | 0.080 | 0.031 | - | - | - | - | - | - | - | - 28 25 | 770 |
| G | 0.003 | 0.010 | 2.20 | 0.008 | 0.090 | 0.030 | - | - | - | - | - | - | - | - 20 | 738 |

A_{r3} 変態点温度 = $868 - 396C(\%) + 24.6Si(\%) - 58.7Mn(\%) - 50Ni(\%) - 35Cu(\%) + 150V(\%)$

(6)

特開2000-212694

10

9

第2表 熱延および冷延、連続焼鈍条件

{0032}

{表3}

| 条件 | 熱延 | | 冷延 | 連続焼鈍 |
|----|-------|-------|--------|---------|
| | FI(℃) | CT(℃) | 圧下率(%) | 焼鈍温度(℃) |
| 1 | 900 | 600 | 69 | 870 |
| 2 | 870 | 610 | 75 | 840 |
| 3 | 900 | 590 | 60 | 850 |
| 4 | 850 | 620 | 75 | 550 |

10

第3表 鋼板および電縫鋼管の機械的特性(JIS-11号)

| Steel | TS (N/mm ²) | EL (%) | A ₀ 溶接部 | A ₉₀ (90° 位置) | A ₁₈₀ (180° 位置) | A ₂₇₀ (270° 位置) | 溶接部と母材 部の硬さの差 (Hv1kg) | 備考 |
|-------|----------------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----|
| A-1 | 380 | 56 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 22 | 本発明 |
| A-2 | 370 | 56 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 20 | 本発明 |
| B-1 | 400 | 52 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 25 | 本発明 |
| B-2 | 390 | 55 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 22 | 本発明 |
| C-1 | 540 | 45 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 40 | 本発明 |
| C-2 | 555 | 44 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 35 | 本発明 |
| D-1 | 420 | 50 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.3 | 25 | 本発明 |
| D-2 | 410 | 51 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 2.3 | 28 | 本発明 |
| E-1 | 600 | 40 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 35 | 本発明 |
| E-2 | 620 | 38 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 40 | 本発明 |
| A-3 | 375 | 54 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 21 | 比較 |
| A-4 | 385 | 54 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 22 | 比較 |
| C-4 | 545 | 44 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 38 | 比較 |
| D-3 | 430 | 49 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 20 | 比較 |
| E-4 | 530 | 37 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 45 | 比較 |
| F-1 | 625 | 41 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 92 | 比較 |
| F-2 | 615 | 31 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 80 | 比較 |
| G-2 | 455 | 44 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 29 | 比較 |

$$A = \ln(C_0/C) \div \ln(C \times L / C_0 \times L_0)$$

C₀、C：試験前後の鋼管の外周(mm)

L₀、L：試験前後の鋼管の各円周位置の長手方向の標点距離(mm)

(溶接部、90°、180°、270°)

【0033】

【発明の効果】本発明法により製造された電縫鋼管は、
A値が1.0以上かつ電縫溶接部と母材部の硬さの差
がHv50以下であることを特徴とし加工性に優れてい

＊る。今後、ハイドロフォームのような複雑な加工に耐え
得る電縫鋼管の要求がますます増える。従って、本発明
により製造された電縫鋼管の効果は極めて大きいもので
ある。

フロントページの続き

(72)発明者 住本 大吾
君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君
津製鐵所内

(72)発明者 佐久間 康治
君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君
津製鐵所内

(72)発明者 伊丹 淳
君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君
津製鐵所内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA04 AA08 AA11
AA14 AA15 AA16 AA19 AA21
AA22 AA23 AA24 AA27 AA29
AA31 AA35 AA36 BA03 CC03
CC04 CE01 CE02 CG02 CH04
CH05